

KORELASI PAPARAN BENZENE DENGAN GAMBARAN *COMPLETE BLOOD COUNT* KARYAWAN SPBU X DAN Y

Correlation between Benzene Exposure and Complete Blood Count of Employees in X and Y Gas Stations

Leo Pardon Sipayung¹, Dwi Suryanto², Eka Roina Megawati³

¹Ilmu Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara

²Bagian Biologi Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara

³Bagian Fisiologi Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara
(leopardonspy@yahoo.com)

ABSTRAK

Bensin merupakan salah satu produk migas yang mengandung senyawa *benzene* (C_6H_6) yang berfungsi untuk meningkatkan nilai oktan. Paparan *benzene* secara kronis menyebabkan penurunan produksi sel-sel darah di sumsum tulang. *trans, trans-Muconic Acid* (ttMA) merupakan metabolit *benzene* yang dapat digunakan sebagai indikator yang lebih sensitif dan spesifik untuk biomonitoring biologi, terutama untuk paparan *benzene* dengan konsentrasi rendah. Penelitian ini bertujuan untuk melihat korelasi paparan *benzene* melalui pemeriksaan kadar ttMA dalam urin dengan gambaran *Complete Blood Count* (CBC) pada karyawan di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum X dan Y PT. Pertamina Medan. Penelitian ini merupakan suatu penelitian deskriptif analitik dengan desain *cross sectional study*. Responden penelitian ini adalah karyawan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) PT. Pertamina Medan ($n=43$) dengan masa kerja ≥ 6 bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 9 dari 43 responden memiliki kadar ttMA lebih dari $500 \mu\text{g/g creatinin}$. Korelasi kadar ttMA dengan CBC tidak signifikan ($p>0,05$), ttMA berkorelasi negatif dengan semua parameter CBC. Kesimpulan penelitian ini adalah bahwa perbedaan rata-rata kadar ttMA pada masa kerja ≤ 1 tahun dan masa kerja >1 tahun tidak signifikan ($p=0,45$), dan perbedaan rata-rata kadar ttMA pada subjek yang merokok dan tidak merokok tidak signifikan ($p=0,559$).

Kata kunci : Benzene, ttMA, *Complete Blood Count*

ABSTRACT

Gasoline is a gas product that contains benzene (C_6H_6), which serves to increase octane value. Chronic exposure to benzene decreases the production of blood cells in the bone marrow. *trans, trans-Muconic Acid* (ttMA) is a benzene metabolite that can be used as a more sensitive and specific indicator for biomonitoring, especially for low concentrations of benzene exposure. The aim of this study was to find the correlation between benzene exposure through examination of ttMA levels in the urine and the *Complete Blood Count* (CBC) of employees in the X and Y gas stations of PT. Pertamina Medan. This study is a descriptive analytical study with a cross sectional design. The subjects were employees of PT. Pertamina Medan gas stations ($n=43$) with a work duration of ≥ 6 months. Findings of this study indicate that 9 of the 43 subjects had ttMA levels of more than $500 \mu\text{g/g creatinine}$. The correlation of ttMA levels with CBC were not significant ($p>0,05$). Additionally, the ttMA was negatively correlated with all of the CBC parameters. It was concluded that the difference in average ttMA levels of subjects with a work duration of ≤ 1 year and a work duration of >1 year was not significant ($p=0,451$). Furthermore, the difference in average ttMA levels of subjects who smoke and do not smoke was not significant ($p=0,559$).

Keywords : Benzene, ttMA, *Complete Blood Count*

PENDAHULUAN

Perkembangan pesat dalam dunia industri migas tidak lepas keterkaitannya dari penggunaan beraneka ragam bahan kimia.¹ Penggunaan *benzene* dalam bahan bakar bensin menimbulkan berbagai masalah, mulai dari masalah limbah, pencemaran udara, hingga masalah pengaruh penggunaan bahan berbahaya bagi kesehatan pekerja dan manusia di lingkungan sekitar.^{2,3,4} Bensin mengandung senyawa *benzene* (C_6H_6) yang berfungsi untuk meningkatkan nilai oktan dalam bahan bakar bensin.^{5,6}

Dampak yang ditimbulkan akibat paparan *benzene* secara akut, yaitu menyebabkan gangguan pada sistem saraf, kurangnya suplai oksigen ke otak, pusing, denyut jantung yang cepat, sakit kepala, tremor, kebingungan dan juga pingsan.^{7,8} Paparan *benzene* secara kronis dapat menyebabkan penurunan produksi sel darah merah yang menyebabkan anemia.⁹ *Benzene* juga dapat sampai ke sumsum tulang dan merusak produksi sel-sel darah sehingga orang yang terpapar *benzene* dapat mengalami penyakit-penyakit yang berkaitan dengan penurunan produksi sel-sel darah di sumsum tulang.¹⁰ Pengukuran udara ambient (*ambient air monitoring*) dan pengukuran bahan biologis (*biological monitoring*) dapat dilakukan untuk mengetahui adanya paparan *benzene*.¹¹ Beberapa penelitian mengindikasikan hubungan kuantitas antara paparan *benzene* secara inhalasi dengan *trans, trans-Muconic Acid* (ttMA) sebagai biomarker terhadap paparan *benzene*.¹² *trans, trans-Muconic Acid* (ttMA) merupakan metabolit minor dari *benzene* yang dapat digunakan sebagai indikator biologi untuk paparan *benzene*.^{12,13} Terjadinya abnormalitas pada sistem hematopoietik akibat paparan *benzene* menjadi perhatian utama. Pemeriksaan dan pengujian secara laboratorium yang dilakukan terhadap pekerja yang berisiko terpapar *benzene* mencakup *Complete Blood Count* (CBC) dengan hitung jenis leukosit, hematokrit, haemoglobin (Hb), jumlah eritrosit, indeks eritrosit (MCV, MCH, MCHC), dan jumlah trombosit.^{14,15,16}

Organ hati merupakan tempat utama dalam metabolisme *benzene*, akan dihasilkan beberapa metabolit.¹⁷⁻²² Setelah masuk ke dalam aliran darah, *benzene* akan beredar ke seluruh tubuh dan disimpan sementara di dalam jaringan lemak dan sumsum tulang, kemudian akan dikonver-

si menjadi metabolit di dalam hati dan sumsum tulang.^{23,24,25} Setelah kurang lebih 48 jam paparan, sebagian besar hasil metabolisme akan keluar melalui urin.^{12,15} Di dalam hati *benzene* pertama sekali dioksidasi oleh katalis *enzyme cytochrome P-450 monooxygenase* menjadi *benzene* oksida. Setelah reaksi ini, maka terbentuklah beberapa metabolit sekunder baik secara *enzymatic* dan *non enzymatic*.^{26,27,32} Biotransformasi *benzene* dalam tubuh berupa metabolit akhir yang utama adalah fenol yang diekskresikan melalui urin dalam bentuk konjugasi dengan asam sulfat dan glukuronat.^{5,14,21,28} Setelah *benzene* dimetabolisme di hati dan menghasilkan metabolit-metabolit sekunder, maka metabolit-metabolit tersebut kemudian dibawa ke sumsum tulang, toksisitas *benzene* terlihat melalui metabolit reaktif *benzene*.²⁹⁻³³ *trans, trans-Muconic Acid* (ttMA) dapat digunakan sebagai indikator yang lebih sensitif dan spesifik untuk biomonitoring biologi, terutama untuk paparan *benzene* dengan konsentrasi rendah.³⁴⁻³⁸ Penelitian ini bertujuan melihat paparan *benzene* melalui pemeriksaan kadar ttMA dalam urin pada karyawan di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) X dan Y PT. Pertamina Medan, yaitu korelasinya terhadap gambaran *Complete Blood Count* (CBC) untuk dapat diketahui dan dicegah kemungkinan adanya gangguan sistem hematopoietik akibat paparan *benzene*.

BAHAN DAN METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah deskriptif analitik dengan desain *cross sectional study*. Penelitian ini dilakukan di Kota Medan pada bulan Oktober 2014 – Maret 2015. Populasi penelitian adalah seluruh karyawan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) X dan Y PT. Pertamina Medan, dengan jumlah responden sebanyak 43 orang berusia 18-36 tahun, yang diperoleh dengan cara *consecutive sampling*. Kriteria inklusi adalah responden yang bekerja >6 bulan. Responden yang memiliki riwayat penyakit hematologi dan mengonsumsi obat-obatan yang memengaruhi sistem hematopoietik dieksklusikan pada penelitian ini. Pengambilan sampel darah *post-shift* dilakukan untuk kemudian dilakukan pemeriksaan jenis hitung parameter *Complete Blood Count* (CBC). Pemeriksaan sel darah *Complete Blood Count* (CBC) dilakukan menggunakan *Hematolo-*

gy Analyzer ABX Micros 60 dengan prinsip kerja berdasarkan spesifikasi ukuran sel yang melewati filter dengan memakai tegangan listrik untuk sekali pembacaan yang mampu memeriksa sekaligus beberapa parameter seperti hitung leukosit, eritrosit, trombosit, hematokrit, haemoglobin dan indeks eritrosit (MCV, MCH dan MCHC).

Pengambilan sampel urin *post-shift* dilakukan untuk pemeriksaan kadar *trans, trans-Muconic Acid* (ttMA). Pemeriksaan ttMA dilakukan menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Urine *post-shift* sebanyak 250 ml, dimasukkan ke dalam botol *polyethylene*, kemudian ditambahkan *thymol* secukupnya. Sampel urine disimpan dengan pengaturan suhu 4°C. Sebelum melakukan analisa ttMA, terlebih dahulu dilakukan analisa *creatinin* urin. Sebanyak 1 ml sampel urin dicampur dengan 80 µL HCL 6N, kemudian ditambahkan NaCl sebanyak 0,3 gram. Kemudian ditambahkan *ethyl* asetat sebanyak 4 ml, kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 100 kali gravitasi selama 5 menit. Sebanyak 200 µL fasa organik ditransfer ke lapisan atas botol HPLC dan dibiarkan selama 30 menit sampai mengering, sambil dipanaskan menggunakan air dengan suhu 30°C, kemudian dibilas dengan menggunakan nitrogen yang dialirkan. Standar kerja disiapkan dengan rentang 10-1000 µg/ml dengan pengenceran *hipuric acid* yang digabungkan dengan larutan stok menggunakan urin sintesis. Setelah itu, setiap standar, sampel dan kontrol diambil sebanyak 10 µL kemudian diinjeksikan ke HPLC untuk menentukan ketinggian puncak kadar ttMA di dalam sampel. Setiap gram analit dihitung dengan membandingkan pada setiap gram creatinin ($C_R = \text{gr creatinin/L urin}$) dalam sampel urin. Analisa data akan menggunakan SPSS ver.20.0. Analisis normalitas dan homogenitas data dilakukan menggunakan uji *Shapiro-Wilk*. Analisis korelasi diuji menggunakan *Spearman Correlation* dengan batas kemaknaan yang ditetapkan sebesar 5%. Untuk mengetahui perbandingan rata-rata kadar ttMA pada kelompok dengan masa kerja ≤ 1 tahun dan > 1 tahun, juga perbandingan rata-rata kadar ttMA pada kelompok merokok dan tidak merokok, dilakukan dengan uji *Mann-Whitney* dengan batas kemaknaan yang ditetapkan sebesar 5%. Penyajian data dalam bentuk tabel dan disertai narasi.

HASIL

Sebagian besar responden berjenis kelamin laki-laki (58,1%), dengan kelompok umur 18-24 tahun (72,1%), bertugas sebagai operator pengisian (81,4%), dengan masa kerja lebih dari 1 tahun (69,7%), dan tidak merokok (74,4%) (Tabel 1). Hasil penelitian menunjukkan 9 responden (20,9%) dari 43 memiliki kadar ttMA dalam urin lebih dari 500 µg/g *creatinine* (Tabel 2). Hasil uji statistik menunjukkan ttMA urin memiliki korelasi negatif dengan semua parameter CBC dan diperoleh nilai $p > 0,05$ (Tabel 3). Kadar ttMA rata-rata yang diperoleh adalah sebesar 586,8 µg/g *creatinine*.

Tabel 1. Karakteristik Responden

Karakteristik	n=43	%
Jenis Kelamin		
Laki-laki	25	58,13
Perempuan	18	41,86
Usia (tahun)		
18 – 24	31	72,10
25 – 30	8	18,60
31 – 36	4	9,30
Petugas		
Administrasi	8	18,60
Operator	35	81,40
Masa Kerja		
≤ 1 tahun	13	30,23
> 1 Tahun	30	69,77
Kebiasaan Merokok		
Merokok	11	25,58
Tidak merokok	32	74,42

Sumber : Data Primer, 2015

Sebagian besar nilai parameter CBC yang diperiksa berada pada batas nilai normal untuk setiap parameter. Parameter CBC yang berada di bawah nilai normal adalah eritrosit, hematokrit dan MCV, sedangkan parameter CBC yang berada di atas nilai normal adalah leukosit, trombosit, hematokrit, haemoglobin, MCH dan MCHC (Tabel 4). Pada penelitian ini dilakukan juga uji perbandingan rata-rata kadar ttMA berdasarkan masa kerja. Dari hasil uji statistik diperoleh $p = 0,451$ ($p > 0,05$). Kemudian hasil uji statistik untuk responden yang merokok dan tidak merokok diperoleh $p = 0,559$ (Tabel 5).

PEMBAHASAN

Hasil penelitian terhadap 43 responden

Tabel 2. Gambaran Kadar ttMA Urin Responden

trans,trans-Muconic Acid (ttMA)	n %	Rendah	Tinggi	Jumlah
		34 79,06	9 20,93	43 100

Sumber : Data Primer, 2015

Tabel 3. Hasil Uji Korelasi ttMA dengan CBC

	Hasil Uji	Leukosit	Eritrosit	Trombosit	Hematokrit	Haemoglobin	MCV	MCH	MCHC
t t M A	Koefisin korelasi (r)	-0,065	-0,119	-0,082	-0,113	-0,153	-0,093	-0,027	-0,027
	p-value	0,680	0,446	0,602	0,469	0,326	0,552	0,864	0,866

Sumber : Data Primer, 2015

yang bekerja di SPBU X dan Y milik PT. Pertamina Medan dengan melakukan pemeriksaan kadar ttMA dalam urin dan pemeriksaan CBC didapatkan adanya hasil yang bervariasi. Hasil analisis korelasi kadar ttMA dengan parameter CBC diperoleh tidak signifikan ($p > 0,05$) setelah diuji secara statistik. Hal ini disebabkan jumlah kadar ttMA yang sangat berbeda (sangat rendah dan sangat tinggi) satu sama lain, kemudian nilai setiap parameter CBC yang didapatkan tidak menunjukkan adanya gangguan.

Korelasi ttMA dengan semua parameter CBC didapatkan arah korelasi negatif (berhubungan terbalik), artinya peningkatan kadar ttMA dalam urine tidak diikuti dengan peningkatan nilai parameter CBC. Hasil pemeriksaan yang dilakukan untuk setiap parameter CBC didapatkan gambaran yang menunjukkan tidak adanya gangguan yang terjadi pada masing-masing nilai parameter CBC, hanya ada beberapa sampel saja yang menunjukkan nilai parameter CBC yang rendah. Pada penelitian ini nilai parameter CBC didapatkan tidak terjadi penurunan yang signifikan. Sementara penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Jorrun *et al.*, terhadap pekerja pertambangan minyak mentah, menemukan adanya penurunan leukosit dan trombosit pada pekerja yang terpapar dengan *benzene*. Hal ini disebabkan pekerja berada di lokasi pertambangan minyak selama 24 jam sehingga terpapar oleh *benzene* secara terus menerus.¹⁵

Dari hasil penelitian pada pemeriksaan kadar ttMA dalam urin terhadap 43 responden didapatkan 9 diantaranya memiliki kadar ttMA lebih dari batas normal ($> 500 \mu\text{g/gr creatinine}$).

Peningkatan kadar ttMA pada 9 responden tersebut diduga terjadi akibat beberapa faktor, diantaranya riwayat pekerjaan sebelumnya dan kebiasaan mengonsumsi makanan yang mengandung asam sorbat tinggi. Diketahui dari 9 responden dengan kadar ttMA tinggi satu orang diantaranya memiliki riwayat pekerjaan sebelumnya yang juga terpapar dengan *benzene*, beberapa diantaranya sudah bekerja di atas 1 tahun sebagai karyawan SPBU, ada yang bertugas sebagai kepala shift yang bertanggungjawab dalam hal penyimpanan bahan bakar minyak dari mobil tangki dan pendistribusian ke depot penjualan. Luipong *et al.*, mengatakan setelah *benzene* terdistribusi ke dalam aliran darah, maka sebagian besar *benzene* akan terdistribusi ke dalam jaringan lemak, hal ini disebabkan oleh *benzene* bersifat lipofilik yang menyebabkan *benzene* terakumulasi di dalam tubuh, tidak diketahui berapa lama akumulasi *benzene* di dalam tubuh.³³ Marthyn *et al.*, mengatakan jumlah *benzene* dalam jaringan lemak, sumsum tulang dan urin 20 kali lebih banyak dibandingkan dengan jumlah *benzene* yang terdapat di dalam aliran darah.³⁴

Pada penelitian ini diketahui bahwa responden dengan kadar ttMA tertinggi ($6825 \mu\text{g/gr creatinine}$), sebelum bekerja sebagai karyawan di SPBU pernah memiliki riwayat pekerjaan sebagai kondektur truk selama 3 bulan dan bekerja di bengkel mesin selama 2 tahun dan bekerja setiap hari se-pulang sekolah. Selama bekerja di bengkel subjek tersebut biasanya bertugas untuk mencuci mesin dan elemen-elemennya serta peralatan-peralatan dengan menggunakan bensin, hal ini dilakukan dengan tangan terbuka sehingga responden terpapar *benzene* baik secara kontak

Tabel 4. Gambaran Nilai CBC Responden

	Rendah n(%)	Tinggi n(%)	Normal n(%)	Jumlah n(%)
Leukosit	-	2 (4,65)	41 (95,35)	43 (100)
Eritrosit	7 (16,27)	-	36 (83,73)	43 (100)
Trombosit	1 (2,33)	1 (2,33)	42 (97,67)	43 (100)
Hematokrit	1 (2,33)	2 (4,65)	40 (93,02)	43 (100)
Haemoglobin	-	5 (11,63)	38 (88,37)	43 (100)
MCV	-	36 (83,72)	6 (13,95)	43 (100)
MCH	-	31 (72,09)	12 (27,91)	43 (100)
MCHC	-	11 (25,59)	32 (74,41)	43 (100)

Sumber : Data Primer, 2015

Tabel 5. Hasil Uji Perbandingan Rata-Rata Kadar ttMA Berdasarkan Masa Kerja dan Kebiasaan Merokok

	N	Mean	SD	p
Masa Kerja				
≤ 1 tahun	13	1177,30	1177,30	0,451
> 1 tahun	30	331,03	331,03	
Kebiasaan Merokok				
Merokok	11	923,63	923,63	0,559
Tidak Merokok	32	471,12	471,12	

Sumber : Data Primer, 2015

langsung dengan kulit dan juga secara inhalasi. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Hunting *et al.*, secara kohort yang menemukan 3 kasus kematian akibat leukemia dari 338 pekerja laki-laki yang biasanya menggunakan cairan Bahan Bakar Minyak (BBM) untuk membersihkan peralatan-peralatan dengan tangan terbuka, bahkan juga untuk mencuci tangan mereka.³⁵ Berdasarkan literatur disebutkan bahwa absorpsi *benzene* melalui kulit lebih kecil jika dibandingkan dengan total absorpsi secara keseluruhan.^{5,16} Namun, apabila paparan kontak dengan kulit terjadi secara terus-menerus dalam waktu yang cukup lama, hal ini juga memiliki risiko yang sama dengan jalur paparan lainnya.²

Jumlah rata-rata *benzene* yang masuk ke dalam tubuh secara inhalasi, akan dieliminasi sekitar 30% dari seluruh jumlah paparan.³ Junchiech *et al.*, mengatakan hal tersebut berlangsung reversibel sehingga *benzene* tidak sempat mengalami reaksi metabolisme di dalam tubuh dan *benzene* akan dieksresikan oleh paru-paru dan dibuang melalui ekshalasi.³⁶ Hal inilah yang menjadi alasan dari seluruh responden, 34 diantaranya kadar ttMA dalam urine didapatkan sangat kecil, yakni <500 µg/gr *creatinine*. Selain dari pada itu mana-

jemen SPBU X dan Y menerapkan sistem jadwal kerja yang cukup baik, yakni SPBU X dengan dua shift kerja (pagi-sore) menerapkan jadwal kerja 4-1, artinya karyawan bekerja 4 hari dan libur 1 hari. Kemudian, SPBU Y dengan 3 shift kerja (pagi-sore-malam) menerapkan jadwal kerja 3-1, artinya karyawan bekerja 3 hari dan libur 1 hari, dan durasi setiap shift kerja dari kedua SPBU adalah 8 jam kerja. Hal ini memungkinkan responden tidak terpapar oleh *benzene* secara terus menerus sehingga kadar ttMA di dalam urin ditemukan sangat kecil.

Pada penelitian ini, selain bertujuan untuk melihat korelasi paparan *benzene* melalui pemeriksaan kadar ttMA dengan CBC, juga bertujuan untuk melihat gambaran dari setiap variabel berdasarkan perbedaan lama bekerja dan kebiasaan merokok. Dampak yang dapat timbul akibat paparan *benzene* dibagi berdasarkan paparan secara akut dan kronis. Responden yang bekerja ≤1 tahun tergolong ke dalam kategori paparan akut, sedangkan responden yang bekerja >1 tahun tergolong kategori paparan kronis. Didapatkan ada sebanyak 13 orang yang bekerja kurang dari 1 tahun. Pada bulan pertama bekerja umumnya ada keluhan berupa gangguan pada pernafasan (sesak),

sakit kepala, sulit konsentrasi, dan beberapa pernah mengalami pingsan pada saat bekerja. Hal ini sesuai dengan beberapa penelitian sebelumnya, yaitu Udonwa *et al.*, dan Tanasorn *et al.*, yang menyebutkan bahwa efek paparan *benzene* secara akut dapat berupa gangguan pada sistem saraf yaitu munculnya efek ringan seperti sakit kepala, pusing, kebingungan (hilang konsentrasi), rasa mual, gangguan pada saluran pernafasan, bahkan dapat menyebabkan hilang kesadaran.^{8,37}

Hasil pemeriksaan ttMA pada responden yang bekerja kurang dari 1 tahun sebanyak 13 orang menunjukkan gambaran yang bervariasi, yaitu ada beberapa yang berada dalam batas normal, akan tetapi ada pula yang lebih dari batas normal. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Virginia *et al.*, terhadap sekelompok mahasiswa yang terpapar *benzene* dan rutin mengonsumsi asam sorbat bahwa apabila seseorang terpapar *benzene*, ditambah dengan faktor-faktor lain yang juga dapat menyebabkan munculnya ttMA dalam tubuh, maka akan menyebabkan tingginya kadar ttMA dalam urin.³⁷ Apabila dibandingkan dengan kelompok responden yang bekerja di atas 1 tahun, gambaran kadar ttMA yang didapatkan tidak jauh berbeda. Kadar ttMA yang diperoleh juga bervariasi, yaitu ada beberapa yang masih berada dalam batas normal, tetapi ada juga yang memiliki nilai ttMA tinggi. Hal ini menjadi alasan yang menyebabkan hasil uji secara statistik menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan antara responden yang bekerja kurang dari 1 tahun yang bekerja di atas 1 tahun. Virginia *et al.*, mengatakan bahwa kadar ttMA dalam urin tidak dipengaruhi oleh berapa lama seseorang terpapar, melainkan berdasarkan seberapa besar konsentrasi *benzene* yang terpapar pada seseorang.³⁷

Selain masa kerja, pada penelitian ini juga dibedakan antara responden yang merokok dan tidak merokok. Merokok merupakan faktor pengganggu yang potensial dalam monitoring biologi terhadap paparan *benzene*. Asap rokok juga merupakan salah satu sumber paparan *benzene* yang dapat menyumbangkan ttMA di dalam tubuh.¹ Penelitian yang dilakukan oleh Wiwanitkit *et al.*, terhadap 45 orang laki-laki di daerah perkotaan yang bekerja sebagai karyawan perkantoran, terdiri dari 10 orang perokok dan 35 orang bukan perokok, dilakukan analisis ttMA dalam urin menggunakan

metode HPLC, didapatkan adanya perbedaan kadar ttMA yang signifikan antara perokok dan bukan perokok.³⁸ Pada penelitian ini ada sebanyak 11 orang yang merokok dan 32 orang yang tidak merokok. Responden yang merokok menyebutkan bahwa mereka rata-rata merokok tidak lebih dari 1 bungkus (12 batang) per hari. Merujuk pada Indeks Brinkman (IB) bahwa derajat berat ringan merokok dinilai berdasarkan perkalian jumlah rata-rata batang rokok yang dihisap perhari dikali dengan lama merokok dalam tahun. Berdasarkan skor Indeks Brinkman (IB) dikatakan perokok ringan: 0–200; sedang: 200–600; berat: >600. Dari 11 responden yang merokok didapatkan perhitungan Indeks Brinkman (IB), dengan skor rata-rata=20–30, terdapat 2 responden diantaranya didapatkan skor IB=120–130. Angka ini menunjukkan bahwa responden yang merokok masih tergolong dalam kategori perokok ringan. Wiwanitkit *et al.*, menyebutkan seseorang akan mendapatkan paparan *benzene* sekitar 3–4% apabila orang tersebut merokok satu bungkus perhari.³⁸ Gambaran nilai ttMA yang didapatkan dari responden yang merokok dan tidak merokok adalah bervariasi, yaitu ada responden yang merokok dengan nilai ttMA tinggi, responden merokok dengan nilai ttMA rendah, responden tidak merokok dengan nilai ttMA tinggi, dan responden tidak merokok dengan nilai ttMA rendah. Hal ini menjadi alasan bahwa hasil uji secara statistik menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan rata-rata kadar ttMA pada responden yang merokok dan tidak merokok.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa ada korelasi ttMA dalam urin dengan penurunan nilai CBC, yang ditunjukkan dengan arah korelasi negatif, yaitu peningkatan kadar ttMA urin menyebabkan penurunan nilai dari parameter CBC. Tidak terdapat perbedaan kadar ttMA yang signifikan pada responden dengan masa kerja ≤ 1 tahun dan masa kerja > 1 tahun ($p=0,451$), dan kebiasaan merokok ($p=0,559$).

Dari penelitian ini disarankan secara umum kepada pemerintah dan secara khusus kepada pengelola manajemen Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum di seluruh Indonesia agar memfasilitasi mekanisme kesehatan keselamatan ker-

ja bagi karyawan di SPBU tanpa mengabaikan prinsip kerja, yaitu “Senyum, Salam, Sapa” yang dapat berupa penggunaan alat pelindung diri yaitu masker penutup hidung dan mulut, dan sarung tangan agar tidak terjadi paparan *benzene* secara kontak dengan kulit dan inhalasi. Di SPBU dapat digunakan fasilitas berupa operator audio, banner, atau poster/spanduk yang berfungsi untuk menyampaikan senyum, salam dan sapa kepada konsumen agar karyawan bisa menggunakan alat pelindung sebagai cara pencegahan terhadap paparan *benzene*, tetapi prinsip kerja tetap tidak diabaikan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Agency for Toxic Substance and Disease Registry. Benzene Toxicity. U.S. Department of Health and Human Services, Division of Health Education and Promotion; 2000.
2. Agency for Toxic Substance and Disease Registry. ToxGuide for Benzene C_6H_6 . U.S. Department of Health and Human Services, Division of Toxicology and Environmental Medicine Applied Toxicology Branch; 2007.
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profiles for Benzene (Draft for Public Comment). U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta, Georgia, U.S.A.; 2005.
4. Agency for Toxic Substance and Disease Registry. ToxGuide for Benzene C_6H_6 . U.S. Department of Health and Human Services, Division of Toxicology and Environmental Medicine Applied Toxicology Branch; 2007.
5. Pudyoko, S. Hubungan Paparan Benzene dengan kadar Phenol dalam Urin dan Gangguan Sistem Hematopoietik pada Pekerja Instalasi BBM [Tesis]. Semarang: Universitas Diponegoro; 2010.
6. Agency for Toxic Substance and Disease Registry. ToxGuide for Benzene C_6H_6 . U.S. Department of Health and Human Services, Division of Toxicology and Environmental Medicine Applied Toxicology Branch; 2007.
7. Udonwa, N.E, Uko, E.K, Ikpeme, B.M, Ibange, I.A. and Okon, B.O. Exposure of Petrol Station Attendants and Auto Mechanics to Premium Motor Sprit Fumes in Calabar, Nigeria. *Journal of Environmental and Public Health*. 2009;ID 281876:1-5.
8. Tanasorn, T, Panthira, K, Wattasit, S, Anusorn, R. and Kalaya, Z. Benzene Exposure and its Association with Sickness Exhibited in Gasoline Station Workers. *Columbia International Publishing: Journal of Environmental Pollution and Solutions*. 2012;1:1-8.
9. Young, M.B, Byoung, Y.A, Hwang, S.C, Ji, H.K, Kyoung, A.K, Young, L. Aplastic Anemia in a Petrochemical Factory Worker. *Environmental Health Perspectives*. 1999;107(10):851-853.
10. Shan, P.T, Erin, E.F, Jerry, D.R, Judy, K.W, Louis, C.W, Robin, P.D. A Hematology Surveillance Study of Petrochemical Workers Exposed to Benzene. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2004;40:67-73.
11. Yoko, H, Byung-Il, Y, Guang-Xun, L, Yoshiki, F, Toyozo, K, Jun, K, Tohru, I. Benzene-Induced Hematopoietic Toxicity Transmitted by Ahr in Wild-Type Mouse and Nullified by Repopulation with Ahr-deficient Bone Marrow cells: Time after Benzene Treatment and Recovery. *Chemosphere*. 2008;73:S290-S294.
12. Zuliyawan. Analisis Resiko Kesehatan Paparan Benzene melalui Penentuan Level Trans, Trans-Muconic Acid dalam Urin pada Karyawan di SPBU ‘X’ Jakarta Utara 2010 [Skripsi]. Jakarta: Universitas Indonesia; 2010.
13. Tunsaringkarn, T, Soogarun, S, Palasuwan, A. Occupational Exposure to Benzene and Changes in Hematological Parameters and Urinary Trans, Trans-Muconic Acid. *International Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2012;4:45-49.
14. Eni, M, Suhartono, Nurjazuli. Hubungan Antara kadar Fenol dalam Urine dengan Kadar Hb, Eritrosit, Trombosit dan Leukosit (Studi pada Tenaga Kerja di Industri Karoseri CV Laksana Semarang. *Jurnal Kesehatan Indonesia*. 2006;5(1):1-5.
15. Jorunn, K. Benzene Exposure and Hematological Effect among Offshore Workers Exposed to Crude Oil [Dissertation] Norway: Degree Philosophiae Doctor (PhD) at the University of Bergen; 2007.
16. Ramon, A. Analisis Paparan Benzene terhadap Profil Darah pada Pekerja Industri Pengolahan

- Minyak Bumi [Tesis]. Semarang: Universitas Diponegoro; 2007.
17. Robert, S. and Christine, C.H. An Overview of Benzene Metabolism. *Environmental Health Perspectives*. 1996;104:1165-1171.
 18. Sungkyoon, K. Benzene Metabolism in Humans: Dose-dependent Metabolism and Interindividual Variability [Dissertation]. Chapel Hill: Departement of Environmental Science and Engineering, School of Public Health; 2006.
 19. Stephan, M.R., Sungkayoon, K., Qing, L., Guilan, L., Roel, V., Suramya, W., Luoping, Z., Songnian, Y., Martyn, T.S., Nathaniel, R. Human Benzene Metabolism Following Occupational and Environmental Exposures. *Chemico-Biological Interactions*. 2010;184:189-195.
 20. Scoot, M.A., Juergan, A., Peter, J.B., Michael, F.H., Raegan, B.O., Steven, H.R. and A Robert, S. The Use of Biomonitoring Data in Exposure and Human Health Risk Assessment: Benzene Case Study. *Critical Reviews in Toxicology*. 2012;43(2):119-153.
 21. Suramya, W., Nathaniel, R., Silvia, F., Marthyn, T.S., Richard, B.H., William, B., Mustafa, D., Li, G., Songnian, Y. and Stephen, M.R. Urinary Benzene as Biomarker of Exposure among Occupationally Exposed and Unexposed Subjects. *Carcinogenesis*. 2001;22(2):279-286.
 22. Suramya, W., Nathaniel, R., Guilan, L., Marthyn, T.S., Singnian, Y. and Stephan, M.R. Rapid Determination of Six Urinary Benzene Metabolites in Occupationally Exposed and Unexposed Subjects. *Analytical Biochemistry*. 2004;327:184-199.
 23. Karen, H.W., Frederic, Y.B., Joan, M.D., David, M.A., Robert, C.S. Benzene toxicokinetics in humans: exposure of bone marrow to metabolite. *Occupational and Environmental Medicine*. 1994;51:414-420.
 24. Martinez-Velazquez, M., Maldonado, V., Ortega, A., Melendez-Zajgla, J., Albores, A. Benzene Metabolites Induce Apoptosis in Lymphocytes. *Experimental and Toxicologic Pathology*. 2006;58:65-70.
 25. Richard, D.I. and Wayne, S.S. Impact of Benzene Metabolites on Differentiation of Bone Marrow Progenitor Cells. *Environmental Health Perspectives*. 1996;104:1247-1250.
 26. Patrik, R., Ulf, R., Lars, O. Prediction of Activation Energies for Aromatic Oxidation by Cytochrome P450. *J Phys Chem*. 2008;112:13058-13065.
 27. Giovanna, S., Salvatore, S., Francesco, C., Daniela, S., Paolina, Q., Mariella, C., Mario, B., Antonella, S., Sebastiano, G. Increased Serum Level of Advanced Oxidation Protein Products and Glycation end Products in Subjects Exposed to Low-Dose Benzene. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2012;215:389-392.
 28. Prema, K., Vangala, V.S., Kathlen, B.M., Luoping, Z. and Marthyn, T.S. Benzene and its Phenolic Metabolites Produce Oxidative DNA Damage in HL60 Cells in Vitro and in the Bone Marrow in vivo. *American Association for Cancer Research*. 1993;53:1023-1026.
 29. Jeffrey, S.K., Brent, d.K., Brent, F. and denis, J.P. A Calibrated Human PBPK Model for Benzene Inhalation with Urinary Bladder and Bone Marrow Compartments. *Risk Analysis*. 2013;33(7):1237-1251.
 30. David, R., Hongfei, Z., David, S. Benzene toxicity: The Role of the Susceptibility Factor NQO1 in Bone Marrow Endothelial Cell Signaling and Function. *Chemical Biological Interaction*. 2011;192(1-2):145-149.
 31. Nadir, G.A. Hematopoietic Effect of Benzene Inhalation Assessed by Long-term Bone Marrow Culture. *Environmental Health Perspectives*. 1996;104(6):1277-1282.
 32. Luoping, Z., Cliona, M.M., Nathaniel, R., Guilan, L., Zhiying, J., Roel, V., Alan, E.H., Xuefeng, R., Min, S., Stephen, M.R., Matthew, N., Christine, F.S., Songnian, Y., Christopher, V., Stephen, J.C., Marthyn, T.S. and Qing, L. Systems Biology of Human Benzene Exposure. *Chemical Biological Interactions*. 2010;184(1-2):86-93.
 33. Marthyn, T.S. Advances in Understanding Benzene Health Effects and Susceptibility. *The Annual Review of Public Health*. 2010;31:133-148.
 34. Renner, T., Baer-Koetzle, M., Scherer, G. Determination of Sorbic Acid in Urine by Gas chromatography-mass Spectrometry. *Journal of Chromatography*. 1999;847:127-133.
 35. Virginia, M., Timothy, B., John, D. Lack of Specificity of trans,trans-Muconic Acid as a

- Benzene Biomarker after Ingestion of Sorbic Acid-preserved Foods. Department of Environmental Health Sciences. 2000;Vol. 9, 749–755.
36. Junchieh, J.T, Kam-Meng, T, Alissa, K.G, Harvey, P, William, N.R. Aryl Hydrocarbon Receptor and Lung Cancer. *Anticancer Res.* 2013;33(4):1247-1256.
37. Udonwa, N.E, Uko, E.K, Ikpeme, B.M, Ibange, I.A. and Okon, B.O. Exposure of Petrol Station Attendants and Auto Mechanics to Premium Motor Sprit Fumes in Calabar, Nigeria. *Journal of Environmental and Public Health.* 2009;ID 281876:1-5.
38. Wiwanitkit, V, Jamsai, S, Suphan, S. Monitoring of Urine Trans, Trans-muconic Acid Level among Smokers and Non-smokers. *Respiratory Medicine.* 2005;99:788-791.